



بررسی و روند یابی کیفیت شیمیایی آب سطحی با استفاده از مدل AquaChem و آزمون من-کندا (مطالعه موردی کهمان دره تنگ الشتر)

سمیرا قربانی نژاد^۱، علی حقیزاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

چکیده

امروزه آب به عنوان یکی از عوامل بهبود ورشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید لذا مدیریت بهینه منابع آب به ویژه آب شیرین، به عنوان یکی از مهم‌ترین برنامه‌های کشورها محسوب می‌شود. رودخانه‌ها نیز به عنوان یکی از منابع اصلی و قابل دسترسی تأمین کننده‌ی نیازهای جوامع بشری مطرح بوده که علاوه بر کمیت آب، کیفیت آب آنها نیز جز پارامترهای مهم تعیین کننده محسوب می‌شوند. هدف از این تحقیق ارزیابی روند کیفیت آب و روند تغییر پارامترهای کیفی آب این رودخانه از طریق روش‌های گرافیکی از قبیل نمودارهای ویلکاکس، شولر، پایپر و روش رتبه ای من-کندا می‌باشد. از این نمودارها جهت پایش کیفیت آب و ارزیابی داده‌های به دست آمده از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ ایستگاه کهمان دره تنگ استفاده گردید. در این مطالعه نمودار پایپر تیپ کیفی آب را از نوع کلسیم-بیکربنات-منیزیم معرفی نمود. براساس دیاگرام شولر تمام نمونه‌های مربوط به آب دره تنگ الشتر در دسته‌خوب وقابل قبول از نظر شرب قرار داشته و مانعی از نظر شرب ندارد. همچنین نمودار ویلکاکس نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها در کلاس کمی شود($C_2 S_1$) قرار گرفته و برای کشاورزی تقریباً مناسب می‌باشد. نتایج روند یابی پارامترهای کیفی آب با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندا نشان دهنده افزایش کلر و PH در آب بود که وجود زیاد کلر در آب عامل ایجاد حالت قلیائیت آب در مدت مورد مطالعه می‌باشد. روند ثابت اکثریت و نیز روند افزایشی‌کلر نشان دهنده قلیاییت می‌باشد. طبق نمودار رتبه‌ای من-کندا از میان پارامترها منیزیم، کلسیم، پتاسیم، بیکربنات سدیم، سولفات، TDS و هدایت الکتریکی روند ثابت و کلرو PH دارای روند افزایشی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندا، کهمان دره تنگ الشتر، کیفیت آب، نمودارهای گرافیکی، AquaChem.

Studying and routing the chemical quality of surface water by Aquachem model and MAN-Kendal Test(Case Study:

KahmanTang Alshotor valley

S, Ghorbani Nejad^{1*}, A, HaghiZadeh²

1- MSc watershed management student, Faculty of natural resource and agriculture, Lorestan University, Iran

2- Assessment professor, Faculty of natural resource and agriculture, Lorestan University, Iran

* Corresponding Author's E-mail(samiraghorbani.897@gmail.com)



Abstract

Water is one of the developing and improving economic factors so optimal management spatially freshwater is a most important countries program. The rivers also are a source of supply and availability to meet the needs of the society. Water quality in addition to quantity of the water is determining important parameters. The main purpose of this study was assessment of water quality parameters and routing by using graphical method such as Wilcox, Scholler, Piper diagram and Mann-Kendall rank method. Their assessment is done by AquaChem software. Quality and quantity data (2002-2011 Kahman darreh tang alashtar) were analyzed. According to the piper diagram type of water quality was in calcium magnesium bicarbonate. Results of the chemical water quality analyzed by Wilcox diagram showed that the most samples are located in low salinity class(c2s1) that are suitable for forming. Scholler diagram showed that all water samples are in potable and acceptable class. Mann-Kendal test was used for water quality routing. According to results, PH and Chlorine were increasing trend and other parameter no trends. The chlorines trend cause of the alkalinisation.

Keywords: AquaChem, graphical method, kahman, Mann-Kendall test, water quality.

الف - مقدمه

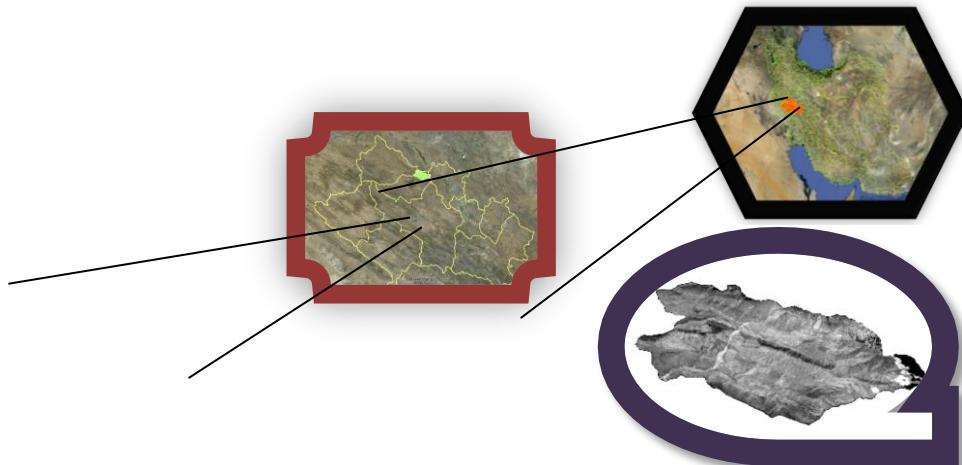
امروزه آب به عنوان یکی از عوامل بهبود ورشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید، لذا مدیریت بهینه منابع آب به ویژه آب شیرین، به عنوان یکی از مهم‌ترین برنامه‌های کشورها محسوب می‌شود. کیفیت آب‌های سطحی در مناطق مختلف بدلیل نوع سازندها و ساختارهای زمین شناسی و عوامل هیدرولوژیکی تغییرات متغروتی را در بر دارد. شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی تغییرات فصلی کیفیت آب‌های سطحی، جنبه مهمی در ارزیابی تغییرات آلودگی رودخانه‌ها بر اثر منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای طبیعی و انسانی می‌باشد (اویانگ و همکاران، ۲۰۰۶). مدیریت کیفیت آب جهت به کارگیری مدیریتی منابع آب در حوضه آبخیز ضروری می‌باشد (اشتون و همکاران، ۱۹۹۵). بدین منظور پالوئی و همکاران (۱۹۹۵)، در بررسی کیفیت آب رودخانه‌های مجاور جاكارتا اندونزی با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI) بیان داشتند که در فصول بارانی سطح فلزات سنگین بیش از استانداردهای موجود در اندونزی نمی‌باشد. همچنین نتایج ایشان نشان داد که کیفیت سرسری رودخانه‌های سیلی وانگ، سانتر و کروکات در محدوده فقری و خیلی فقری قرار دارد. نمودار پایپر براساس موقعیت مکانی برخی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی نظیر سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، سولفات، کلر، کربنات و بی کربنات برای تعیین تیپ و رخساره آب استفاده می‌گردد (پایپر، ۱۹۴۴، فتر ۱۹۹۸، قاسمی و همکاران، ۱۳۸۶، صداقت ۱۳۷۸). اصغری مقدم و فیجانی (۱۳۸۷)، در مطالعات هیدرولوژیکی آبخوانهای بازالتی و کارستی منطقه ماکو، با استفاده از دیاگرام پایپر، نمونه‌های بازالتی را عمدها دارای تیپ بیکربنات سدیم-کلسیم و نمونه‌های آهکی را دارای تیپ بیکربنات کلسیم-منیزیم معرفی نمودند. معروفی و بیات (۱۳۸۸)، در بررسی نتایج تجزیه‌ی شیمیایی کیفیت آب رودخانه کرج با توجه به استاندارد کیفیت ملی آب شرب نشان دادند که میانگین غلظت پارامترهای شیمیایی موجود از حد استاندارد پایین‌تر است. ناصری و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی هیدرولوژیکی و بیلان حوره آبخیز دامنه سهند با استفاده از ترسیم دیاگرام‌پایپر در کلیه نواحی منطقه، تیپ نوع آب زیرزمینی را از نوع کلسیم/سدیم بیکربناته معرفی کردند و نیز کیفیت آب زیرزمینی را از لحظ شرب و کشاورزی خوب دانستند. فیضی و همکاران (۱۳۸۹) از چهار ایستگاه (Zahidan، Zabol، Airanشهر و چاههار) در دوره زمانی ۱۹۶۶-۱۹۰۵ به طول ۴۰ سال با روش من-کندال استفاده شد. آنها روند و نوع تغییرات را به صورت ماهانه، فصلی و سالانه مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که کلیه ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه زاهدان پارامترهای دمای روند منفی را در طول سال نشان می‌دهند. همچنین زمان و نوع تغییرات در

پارامترهای دما و بارش حاکی از تغییرات ناگهانی افزایشی و کاهشی بوده و تغییرات ناگهانی کاهشی بارش بیشترین گسترش را دارند.

طالبی و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعات خودبا استفاده از روش من-کنдал به شناسایی تغییرات داده‌ها، نوع و زمان انها پرداختند. آنها نشان دادند که بر اساس بررسی نمودارهای گرافیکی تغییرات مولفه‌های U و U' در حدائق مطلق دما تغییران ناگهانی و معنی داری مشاهده نشدو و روند طبیعی را دنبال می‌کند. خمر و همکاران (۱۳۹۰) کیفیت منابع آب منطقه معدنی کوه زر در غرب تربت حیدریه را مورد بررسی و ارزیابی هیدروژئوشیمیایی قراردادند. در این تحقیق کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی به ترتیب بر اساس نمودارهای شولر و ویلکاکس Na-HCO₃-Na-Cl و Na-HCO₃ تشخیص داده شدند سودمندی مدل‌های سری زمانی در مطالعات منابع آب از طریق پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و تعیین روند آنها حائز اهمیت می‌باشد (دودانگه و همکاران، ۱۳۹۱). سليمانی و همکاران (۱۳۹۱) در آنالیز و رونیابی پارامترهای شیمیایی کیفیت آب در رودخانه چم انجیر خرم آباد نشان دادند که آب رودخانه از نظر نمودار پایپر از نوع کلسیم-منیزیم بوده و از نظر شرب نیز فاقد مشکل می‌باشد. همچنین آنها بیان داشتند که آب رودخانه طبق نمودار ویلکاکس دارای کلاس شوری کم بوده فلان مناسب برای آبیاری در کشاورزی است. در این مطالعه آنها با استفاده از روش ناپارامتری من-کنдал روند صعودی تغییرات املاح محلول آب را که نشان دهنده کاهش کیفیت آب و افزایش املاح محلول این رودخانه می‌باشد را بیان کردند

ب - مواد و روش‌ها

در این مطالعه به منظور بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات کیفی آب کهمان-دره تنگ الشتر از داده‌های ۱۰ سال آمار ایستگاه از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ پس از بررسی صحت داده‌ها استفاده گردید. ایستگاه دهنو با ارتفاع ۱۷۲۰ متر از سطح دریا و در طول جغرافیایی ۴۸°۳۶' و عرض جغرافیایی ۳۳°۳۸' واقع گردیده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت مکانی کهمان دره تنگ الشتر

پارامترهای کیفیت شیمیایی بررسی شده در این مطالعه شامل هدایت الکتریکی، اسیدیته، بیکربنات، سولفات، کلر، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم می‌باشد. به منظور بررسی کیفیت آب وضعیت کیفیت آب از طریق نرم افزار AquaChem 2011.1.40 مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از داده‌های ورودی نظیر میزان کلسیم، سدیم، منیزیم، کلر، سولفات، بیکربنات، و پارامترهای کیفی دیگر نظیر PH، TDS و EC در منطقه مورد استفاده قرار گرفت. که از ازارهای تجزیه و تحلیل کیفیت آب است با استفاده از توابع محاسباتی مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل، به تفسیر و مقایسه داده‌های کیفیت آب پرداخته ونهایتا نمودارهای مختلف نظیر شولر، پایپر،



ویلکاکس را به همراه آنالیز روند داده‌ها به عنوان خروجی در اختیار محقق قرار می‌دهد. از این نرم افزار برای نمایش نمودار شولر، ویلکاکس و پایپر مربوط به پارامترهای کیفی مذکور در دوره‌ی آماری در نمونه‌های آب جمع آوری شده استفاده شد. دیاگرام ویلکاکس بر اساس مقدار هدایت الکتریکی املاح محلول در آب و نسبت سدیم قابل جذب قادر به طبقه‌بندی آب در کلاس‌های مختلف است. یکی از روش‌های متداول در تعیین تیپ (رخساره هیدروشیمی) آب، استفاده از نمودار پایپر می‌باشد تاکنون روش‌های آماری مختلفی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه شده‌اند که به دو دسته‌ی کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری، قابل تقسیم بندی‌اند. روش‌های ناپارامتری دارای کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند (مشکلاتی، ۱۳۷۱). یکی از مهم‌ترین روش‌های بررسی روند تغییر داده‌ها استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال می‌باشد (شیخ وهمازان، ۱۳۸۸). آزمون من کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه یافت و کاربرد آن به وسیله‌ی سازمان هواشناسی توصیه گردید (مساعدي و کوهستانی، ۱۳۸۹). در این مطالعه نیز برای بررسی روند داده‌ها از آزمون من-کندال استفاده گردید. در این مطالعه از رسم نمودار پایپر برای تعیین نوع آب مربوط به رودخانه هرو استفاده شد. در این آزمون فرض صفر H_0 و فرض مقابل آن یعنی H_1 به ترتیب معادل بدون روند وجود روند در سری زمانی داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

روابط موجود جهت براورد آزمون من-کندال به صورت زیر می‌باشد:

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(X_j - X_i)$$

$$\text{sign}(X_j - X_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_j - x_i) \\ 0 & \text{if } (x_j - x_i) \\ -1 & \text{if } (x_j - x_i) \end{cases}$$

اگردر سری داده‌ها گره وجود داشته باشد، واریانس و آماره من-کندال از روابط زیر محاسبه خواهد شد:

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18}$$

$$zs = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

در روابط فوق n تعداد داده‌های مشاهداتی (طول داده‌های آماری)، X_i و s به ترتیب آمین و زامین داده مشاهداتی و t_p تعداد گره‌های ایجاد شده، Z تعداد گره برای مقدار t_p و $\text{var}(s)$ مقدار آماره من-کندال می‌باشد که مقدار مثبت آن نشان دهنده روند افزایشی و مقدار منفی آن نشان دهنده روند منفی است. برای بررسی روند یابی داده‌ها، چنانچه مقادیر مطلق Z به دست آمده از آزمون من-کندال از عدد ۱.۹۶ بزرگتر باشد آنگاه در سطح ۰.۰۵ روند معنی دار خواهد بود و چنانچه این مقدار از $2/56$ بزرگتر باشد، آنگاه در سطح ۱٪ نیز معنی دار خواهد بود. در روش گرافیکی آزمون من-کندال اگر دنباله U و U' بر اساس A به صورت نموداری رسم شود، در حالت معناداری روند، دو نمودار در نقطه‌ی شروع پدیده در خارج از محدوده ± 1.96 یک دیگر را قطع کرده و در خلاف جهت یکدیگر حرکت خواهند کرد به این نقطه

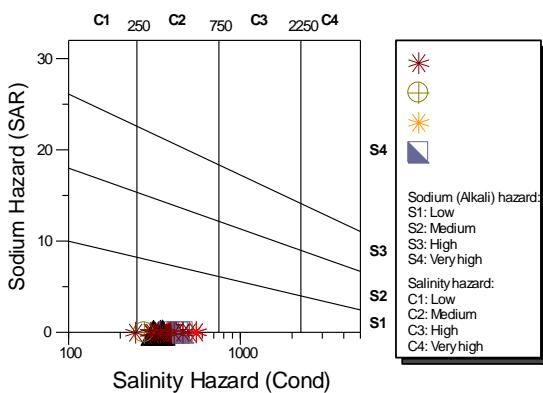


برخورد جهش گفته می شود. در حالیکه اگر روند وجود نداشته باشد، دو دنباله U و U' تقریباً به صورت موازی حرکت خواهد کرد و یا با چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت منجر نشود عمل خواهند کرد. نمودار لانسبت به محور سال (محور X) رسم شده و برای اینکه معنی داری روند و نقطه ییر جهش آن به دست آید دنباله U تعریف می شود. مراحل به دست آوردن U همانند U' است با این تفاوت که سال ترتیب نزولی قرار دارد و مراحل محاسبه U برای U' نیز تکرار می شود. در مواقعي که $+1.96 < U < +1.96$ - باشد سری تصادفي است و روند خاصی ندارد در حالیکه $+1.96 < U < -1.96$ نشان دهنده روند منفی می باشد در این مطالعه پس از مرتب کردن و ورود داده ها به نرم افزار AquaChem و ترسیم نمودارهای شولر، ویلکاکس و پایپر و تعیین نوع و کیفیت آب منطقه روند کیفیت آب مورد بررسی قرار گرفت که این روند به دست آمده با روند به دست آمده از نمودار رتبه ای من-کنдал مورد مقایسه قرار گرفت.

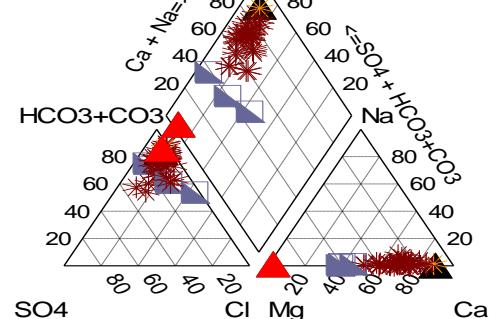
ج-نتایج و بحث

طبقه بندی آب های سطحی از نظر کشاورزی بر مبنای دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم استوار است. نقاط حاصل از تقاطع این دو پارامتر در نمودار ویلکاکس بیانگر رده نمونه آبی مورد نظر است. روش طبقه بندی ویلکاکس و استفاده از نمودار آن از کاربردی ترین روش طبقه بندی برای کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است. در نتایج بررسی کیفیت شیمیایی یکی از روش های متدالو در تعیین تیپ (رخساره هیدروشیمی) آب، استفاده از نمودار پایپر می باشد. تمرکز نمونه ها در دیاگرام پایپر (شکل ۲-الف) نشان دهنده این مطلب است که آب کهمان دره تنگ الشتر در ناحیه قرار گرفته که مربوط به تیپ کلسیم-منیزیم-بی کربنات می باشد. کیفیت آب توسط نمودار ویلکاکس نشان می دهد که اکثر نمونه ها در کلاس کمی شور (S1C2) می باشند که برای کشاورزی تقریباً مناسب می باشد (شکل ۲-ب) و براساس نمودار شولر تمام نمونه های آب مربوط به کهمان دره تنگ الشتر در دسته خوب و قابل قبول برای شرب قرار داشته و مانعی برای شرب وجود ندارد.

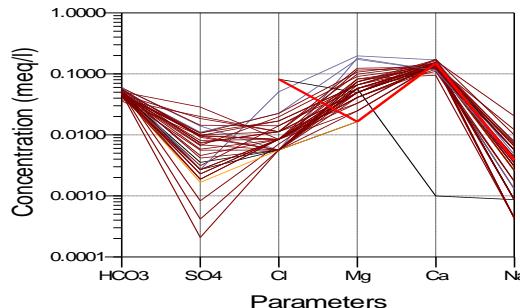
(ب)



(الف)



(ج)



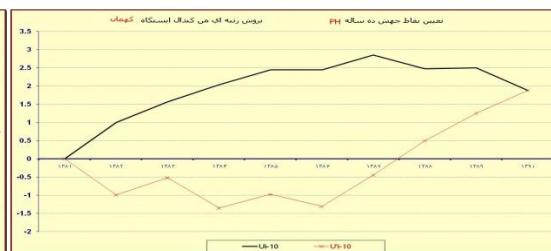
شکل ۲: نمودار پاپیر (الف) ویلکوکس (ب) و شولر (ج) کهمان-دره تنگ

براساس نرم افزار من کنداول نمودار مربوط به هر کدام از پارامترهای کیفی مورد بررسی ترسیم گردید. نتایج به دست آمده با نتایج ناشی از نرم افزار AquaChem یکسان بود. بررسی روند داده‌های موردنظر نشان دهنده ثابت و نرمال بودن اکثر پارامترها و نیز سیر صعودی برخی دیگر را نشان می‌دهد. از میان پارامترها کلر و PH روند افزایشی (شکل ۳) و منیزیم، پتاسیم و بیکربنات، سدیم، کلر، سولفات، TDS و هدایت الکتریکی دارای روند ثابت (شکل ۵) می‌باشد. نمودار مربوط به هر کدام از پارامترها در زیر ارائه شده است.

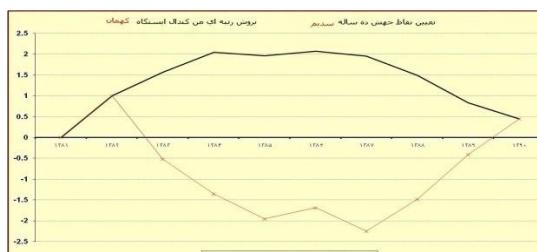
(ب)



(الف)

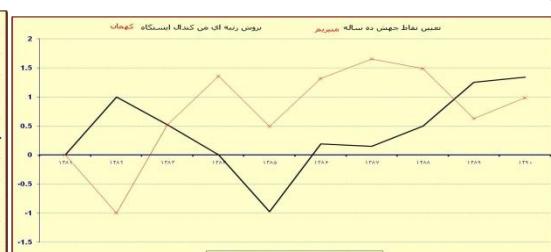


(ت)

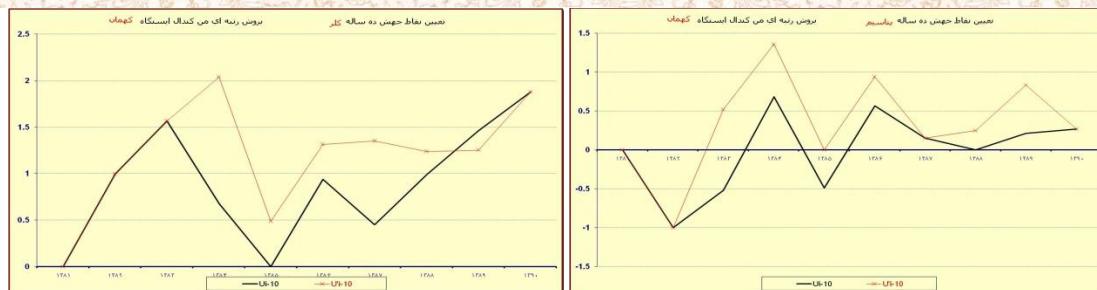


(ب)

(ث)

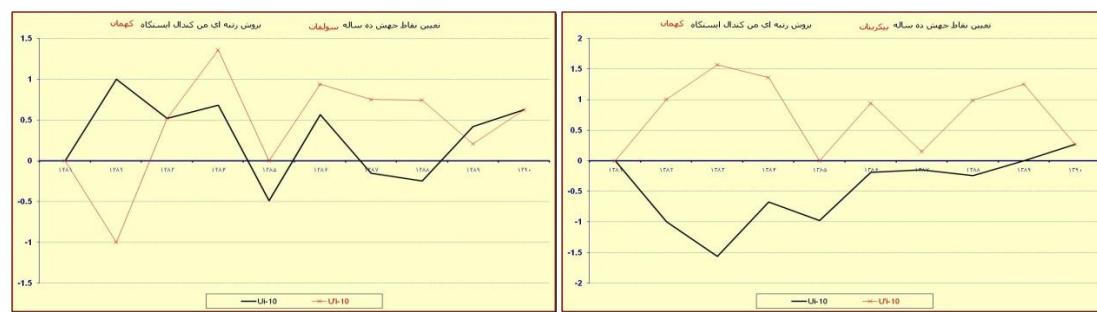


(ت)



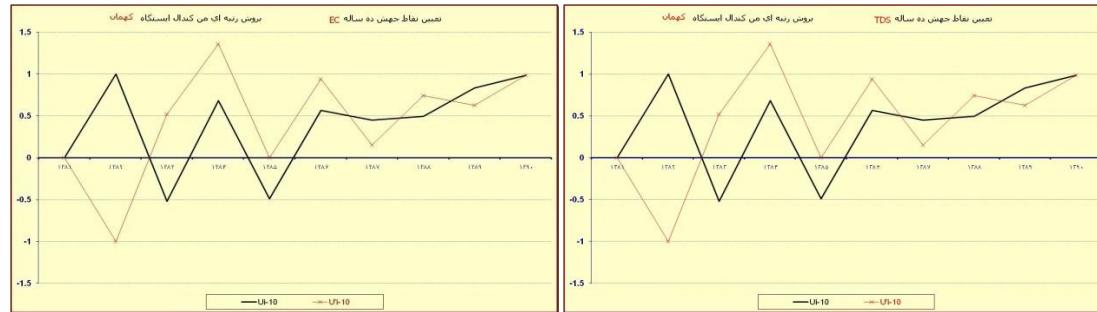
(ج)

(ج)



(خ)

(خ)



شکل ۳: نمودار پارامترهای کیفیت آب

نتیجه گیری

کمیت و کیفیت آب یکی از اصول بنیادی توسعه پایدار به شمار می‌روند. از طرفی رودخانه‌ها نیز به عنوان یکی از منابع اصلی و قابل دسترسی تامین کنندهٔ نیازهای جوامع بشری مطرح بوده که علاوه بر کمیت آب، کیفیت آب آنها نیز جز پارامترهای مهم تعیین کننده محسوب می‌شوند. بررسی کیفیت شیمیایی آب که همان دره تنگ الشتر نشان می‌دهد که از نظر شرب آب این رودخانه در محدوده خوب و قابل قبول قرار دارد. از نظر کشاورزی نیز محدودیت چندانی وجود نداشته و تقریباً قابل قبول می‌باشد و می‌تواند برای کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرد. با توجه به نمودار پایپ آب رودخانه هرو از تیپ کلسیم-منیزیم-بیکربنات می‌باشد علاوه بر موارد بالا افزایش PH و قلیایی شدن آب رودخانه می-تواند به دلیل بالا رفتن میزان کلر در آب باشد که نیازمند تحقیقات بیشتری در این زمینه است. در بررسی کیفیت شیمیایی که همان دره تنگ مشاهده می‌شود که روی هم رفته کیفیت شیمیایی آب این رودخانه از نظر کیفیت نسبتاً مطلوب بوده و با احتیاط و رعایت اصول بهداشتی می‌توان جهت استفاده‌های گوناگون از آن بهره گرفت. در اکثر



پارامترها با سطح اطمینان ۹۵ درصد روند نرمال و ثابت بوده، کلر و PH دارای روند ثابت بوده‌اند. از آنجاییکه تنها مشکل کیفی آب رودخانه مربوط به میزان کلراست به نظر می‌رسد درصورت تصفیه به حالت ایده‌آل برسد.

د- منابع

قاسمی، ع؛ ح. زارع ابیانه، سپهری، ن. ۱۳۸۶. بررسی کیفی آب رودخانه‌های بشینه وعباس آباد در استان همدان، مجموعه مقالات سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهیدبهشتی کرمان، ۳۷۸-۳۸۱.

اصغری مقدم، ا. فیجانی، ا. ۱۳۸۷. مطالعات هیدرولوژی وهیدروشیمیایی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو در ارتباط با سازندۀای زمین شناسی منطقه، علوم زمین سال هفده، شماره ۶۷

صادق، م. ۱۳۷۸. زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور

شیخ، و؛ بابایی، ا؛ موشخیان، ا. ۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات رژیم بارش حوره‌ی آبخیز گرانبرود. مجله علوم مهندسی آبخیزداری ایران، سال سوم، شماره ۸، ۱۰ ص.

معروفی، ا؛ بیات، ر. ۱۳۸۸. بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه کرج. پنجمین همایش ملی علوم مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۳ ص.

مساعدي، ا؛ کوهستانی، ن. ۱۳۸۹. تحلیل روند تغییرات دبی رودخانه‌های استان گلستان با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییرات‌قلیم، تهران.

فیضی، فرج زاده، نوروزی. ۱۳۸۹. مطالعه تغییرات قلیم در استان سیستان وبلوچستان به روش من-کنداش، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام (ICIWG 2010).

خمر، ز؛ محمودی قرایی، م؛ عمرانی، س؛ سیاره، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی کیفیت منابع آب در محدوده معدنی کوه زر. غرب تربت حیدریه، چهارمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران.

دودانگه، ا؛ عابدی کوپائی، ج؛ گوهري، س. غ. ۱۳۹۱. کاربردمدل‌های سری زمانی به منظور تعیین روند پارامترهای اقلیمی در آینده در راستای مدیریت منابع آب، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب و خاک سال شانزدهم، شماره ۵۹.

10. Ashton, P.J.C. van Zyl, R.G. Heath. 1995. water quality management in the Crocodile River catchment. EasternTransvaal. South Africa. Water Science And Technology, 32(5-6), 201-208

11. Dallal, G.E. and L. Wilkinson. 1986. An analytic approximation to the distribution of Lilliefors test for normality. The American Statistician, 40: 294-296.

12. Palupi, K., S.Sumengen, S.Inswiasri, L. Agustina, S.A. Nunik, W. Sunarya, A. Quraisyn. 1995. River water quality study in the vicinity of Jakarta. Water Science and Technology. 31(9), 17-25.

13. Ouying, Y., P. Nkedi-Kizza, Q.T. Wu, D. Shinde, C.H. Huang. 2006. Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water Research. 40(20), 3800-3810.

14. Piper A.M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. Trans. American Geophysical Union 25 (6), 914-928.

15. Fetter, C.W. 1988. Applied Hydrogeology. 2nd ed. Macmillan Publishing Company, New York.310p.